

ANALISA PERBANDINGAN DIESEL ELECTRIC PROPULSION (DEP) & DIESEL MECHANICAL PROPULSION (DMP) SYSTEM PADA KAPAL FERRY PENUMPANG DITINJAU DARI BIAYA OPERASIONAL

Fauzi Agustian*, Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah **, Semin**

*Mahasiswa S1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, **Dosen Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: fathalaz@its.ac.id

Abstrak - Indonesia merupakan Negara dengan luas lautan yang cukup besar dan dikelilingi oleh beberapa pulau-pulau besar dan pulau-pulau kecil. Maka dari itu diperlukan sarana transportasi khususnya transportasi laut. Pada skripsi ini kapal yang dianalisa merupakan kapal ferry penumpang dengan pelayaran Surabaya-Madura. Kapal ferry tersebut memiliki beberapa moda operasi diantaranya full mode, Idle Mode dan Continuous Mode. Kapal yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah kapal ferry penumpang Jokotole yang menggunakan system diesel konvensional. Dalam tugas akhir ini penulis menganalisa Komponen-komponen apa aja yang di maintenance, perbandingan konsumsi bahan bakar tiap mode dan biaya operasional pada Diesel Mechanical Propulsion dan Diesel Electrical Propulsion. Pada tugas akhir ini dilakukan tahap pengumpulan data, perumusan masalah, tahap perhitungan biaya operasional kemudian tahap perbandingan biaya. Dari hasil analisa dalam skripsi ini menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar untuk Diesel Electric Propulsion lebih hemat dibandingkan Diesel Mechanical Propulsion yaitu sebesar 158.400 liter per tahun. Untuk perbedaan biaya bahan bakar Diesel Electric Propulsion lebih hemat dibandingkan Diesel Mechanical Propulsion yaitu sebesar Rp. 522,699,800 pertahun. Untuk total perbedaan biaya operasional yang meliputi biaya maintenance dan bahan bakar dari system Diesel Electrical Propulsion dan Diesel Mechanical Propulsion dalam rentang waktu 5 tahun yaitu sebesar Rp. 4,551,695,688.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara dengan luas lautan yang cukup besar dan dikelilingi oleh beberapa pulau-pulau besar dan pulau-pulau kecil. Maka dari itu diperlukan sarana transportasi khususnya transportasi laut. Jenis transportasi laut ini dapat diandalkan sebagai sarana perhubungan antar pulau. Salah satu jenis sarana transportasi laut yang banyak terdapat di perairan nusantara adalah jenis kapal ferry (penyeberangan). Sarana ini juga berfungsi mengangkut jumlah penumpang yang cukup besar dan juga lebih ekonomis. Jenis kapal ferry sudah banyak yang beroperasi baik yang tipe kecil, sedang maupun yang besar.

Untuk menjalankan fungsinya dengan baik. Maka, kapal ferry harus dirancang cepat, nyaman, dan mempunyai stabilitas yang tinggi. Dan juga

harus unggul dalam beberapa aspek dari segi operasional teknis dan ekonomis. Maka dari itu dibutuhkan penggerak kapal atau biasa yang disebut sebagai propulsi. Kapal ferry di Indonesia hampir semua memakai *Diesel Mechanical Propulsion* sebagai motor penggerak utama untuk sistem propulsinya.

Diesel engine merupakan motor penggerak utama yang langsung terhubung dengan system transmisi pada kapal, system transmisi langsung menghubungkan ke *shaft propeller*. Kecepatan pada *engine* dan kecepatan pada *propeller* secara langsung proporsional. Bahan bakar yang digunakan pada motor diesel juga sangat mempengaruhi intensitas dari gas buang yang dihasilkan pada umumnya bahan bakar yang digunakan pada motor diesel adalah HFO (*Heavy Fuel Oil*), atau MDO (*Marine Diesel Oil*) yang memiliki viskositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar yang lainnya sehingga kualitas gas buang yang dihasilkan sangat buruk.

Dalam hal sistem penggerak, khususnya pada *electrical propulsion system*, dimana motor listrik digunakan sebagai sistem penggerak. Sistem propulsi dengan penggerak electric ini sangat cocok jika diperlukan sistem pengendalian yang mudah, tata letak yang bebas, dan ke-multigunaan perangkat generator penggerak utama. Sistem ini sangat cocok untuk kapal yang memerlukan tingkat kemampuan olah gerak yang tinggi, daya yang besar yang dapat dipakai untuk berbagai keperluan, dan kapal mempunyai penggerak lebih dari satu, arah putarannya tidak dapat dibalik, dan putaran tinggi. Hal ini telah menjadi bagian yang penting dalam bidang industri dan perkapalan, khususnya pada *ship electrical propulsion system*, dimana motor listrik sebagai penggerak propeller sangat diperlukan untuk mengatur kecepatan propeller. Hal ini sangat diperlukan untuk mengatur kecepatan gerak dan *maneuvering* sebuah kapal.

Diesel elektrik propulsi adalah Motor listrik DC yang digunakan sebagai tenaga penggerak utama, biasanya digunakan pada kapal-kapal dengan kemampuan manuver yang tinggi, kapal khusus, kapal dengan daya tampung muatan yang besar, dan kapal yang menggunakan penggerak mula *non-reversible*. Pada *system diesel electric propulsion*, *main propulsion engine* di ganti dengan *diesel generator*, kelistrikan yang dihasilkan oleh diesel generator langsung ditransmisikan melalui *switch board*. *Switch board* digunakan untuk sebagai

power yang di sambungkan langsung ke *shaft propeller*. Generator akan memberikan daya listrik yang di distribusikan ke jaringan utama, kemudian dari jaringan utama di distribusikan ke beberapa motor propulsi atau ke beberapa assesoris yang ada di kapal.

Pada saat ini owner kapal enggan memakai *Diesel Electric Propulsion* karena mahalnya biaya dibandingkan memakai Diesel Konvensional biasanya. Oleh karena itu dalam tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui biaya pemakaian operasional *Diesel Electric Propulsion* yang diaplikasikan pada kapal ferry *passenger*

II. METODOLOGI

1. Perumusan Masalah

Pada tahap dilakukan perumusan masalah terhadap masalah yang ada dan kemudian telah dilaksanakan suatu analisa terhadap masalah tersebut. Pada Tugas Akhir ini permasalahan yang dianalisa mengenai perbandingan *Diesel Mechanical Propulsion* & *Diesel Electrical Propulsion* pada kapal ferry ditinjau dari biaya operasional.

2. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data ini merupakan tahap awal dimana data berawal dari kapal ferry passenger dengan menggunakan *Diesel Mechanical Propulsion* yang sudah ada, kemudian diubah dengan menggunakan *Diesel Electric Propulsion* yang menggunakan data kapal yang sama. Dapat dilihat pada Tabel 1, 2, dan 3 untuk mengetahui data Engine yang digunakan pada system DMP & DEP

Tabel 1 Data Mesin Kapal		
Data Main Engine Kapal		
Bkw	4 x 272	kw
Rpm	1800	
FOC	75	l/h
HFO	0.85	

Tabel 2 Data Mesin Bantu Kapal		
Data Mesin Bantu Kapal		
Bkw	2 x 39	
Rpm	1500	
FOC	11	l/h

Tabel 3 Data generator Set Kapal		
Data Generator Set Kapal		
Bkw	2 x 550	ekw
Rpm	1800	
FOC	144	l/h
HFO	0.85	

3. Tahap Perhitungan biaya operasional pada DMP & DEP

Tahap Perhitungan ini dibagi menjadi 2, yaitu :

- Perhitungan biaya maintenance secara rinci mulai dari maintenance awal sampai dengan general overhaul engine untuk DMP & DEP system
- Tahap perhitungan analisis pendekatan biaya operasional yang diestimasi kapal beroperasi.

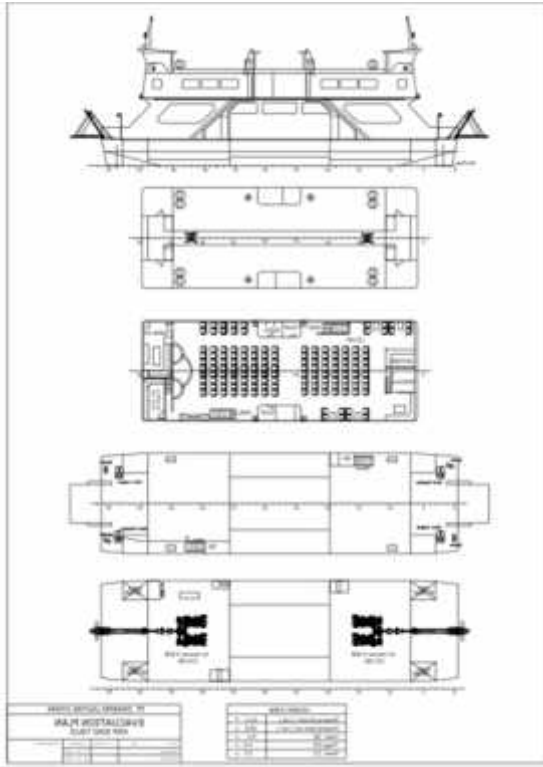
4. Tahap Perbandingan Biaya

Tahap ini merupakan tahap akhir setelah kapal ferry passenger yang dirancang sudah memakai *Diesel Electric Propulsion*, kemudian sudah dihitung perkiraan biaya maintenance saat kapal beroperasi. Lalu biaya tersebut dibandingkan dengan biaya operasional kapal awal saat menggunakan *Diesel Mechanical Propulsion*. Setelah itu perkiraan biaya maintenance tersebut di bandingkan secara detail, kemudian dapat disimpulkan biaya yang paling murah dari kedua pemakaian sistem propulsi yang berbeda.

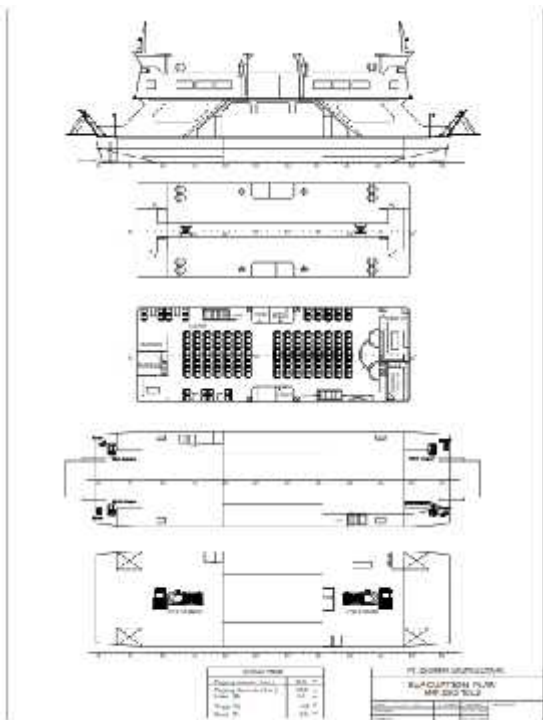
BAB III HASIL DAN DISKUSI

3.1. Perencanaan sistem DMP & DEP pada kamar mesin

Pada studi analisa ini penulis juga menyertakan rancangan sistem *Diesel Mechanical Propulsion* (DMP) dan *Diesel Electric Propulsion* (DEP) pada kamar mesin. Berikut ini adalah rancangan dari sistem DMP maupun DEP seperti pada gambar 1 dan gambar 2. Dapat dilihat pada gambar 1 kapal ferry masih menggunakan system *Diesel Mechanic Propulsion* yang terdiri dari empat buah *Main Engine* tipe Yanmar 6 KDE dan dua buah *auxiliary engine* tipe Yanmar 4TNV 106T. Pada gambar 1 kondisi ruangan kamar mesin terasa lebih penuh dan kurang ergonomis. Dan untuk gambar 2 kapal ferry sudah menggunakan system *Diesel Electric Propulsion* yang terdiri dari dua buah *Generator set* tipe Caterpillar C18 dan juga dua buah *auxiliary engine* tipe Yanmar 4TNV 106T.



Gambar 1 Rencana umum kapal ferry dengan sistem DMP



Gambar 2 rencana umum kapal ferry dengan sistem DEP

3.2. Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar

Untuk menentukan konsumsi bahan bakar mesin terdapat data-data yang diperlukan yaitu data *engine*, rpm yang digunakan, dan juga daya yang digunakan. Data *engine* dapat dilihat pada tabel 2 dan 3.

$$\frac{B \cdot f}{A \cdot \eta} = \frac{B_1 \cdot f}{A_1 \cdot \eta} = \frac{B_2 \cdot f}{A_2 \cdot \eta} \dots (1)$$

Dari persamaan (1) maka didapatkan konsumsi bahan bakar untuk *Diesel Mechanical Propulsion* dan *Diesel Electric Propulsion*

Tabel 4 Konsumsi Bahan Bakar DMP

Mode	RPM	%RPM	power (bkw)	FOC	FOC/day	FOC/years
Full	1800	100%	272	75 l/h	1125	371250
Continuous	1600	90%	242	67 l/h	1005	331650
Idle	720	40%	109	30 l/h	450	148500

Dari perhitungan FOC (*Fuel Oil Consumption*) untuk sistem *Diesel Mechanical* penggunaan kapal yang membutuhkan paling banyak menggunakan bahan bakar adalah pada saat *full mode*. Tetapi dikarenakan pada hasil survey kapal sudah tidak memakai *full mode* tetapi *continuous* dan *idle mode*. Dari hasil perhitungan ini, kemudian akan dibandingkan dengan hasil perhitungan kebutuhan bahan bakar sistem *electrical*.

Tabel 5 Konsumsi Bahan Bakar DEP

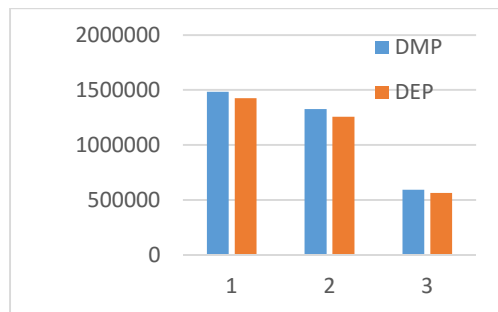
Mode	RPM	%RPM	power (bkw)	FOC	FOC/day	FOC/years
Full	1800	100%	538	144 l/h	2160	712800
Continuous	1600	90%	477	127 l/h	1270	419100
Idle	720	40%	215	57 l/h	570	188100

Setelah mendapatkan konsumsi bahan bakar dari *Diesel Mechanical Propulsion system* dan *Diesel Electric Propulsion system* langkah berikutnya adalah membandingkan konsumsi dari kedua sistem tersebut secara menyeluruh. Yang dimaksudkan menyeluruh adalah total konsumsi bahan bakar dari jumlah *engine* yang dipakai pada sistem tersebut. Dapat dilihat pada gambar 3 bahwa *Diesel Electric Propulsion system* lebih irit dalam konsumsi bahan bakar dibandingkan *Diesel Mechanical System*.

PERBANDINGAN KONSUMSI BAHAN BAKAR SISTEM DIESEL ELECTRIC PROPULSION (DEP) DAN MECHANICAL PROPULSION (MP) DALAM SATU TAHUN OPERASI (5000 JAM)										
No	Mode Operasi	Power (kW)		FOC (l/h)		RPM	FOC/day		FOC/years	
		DMP	DEP	DMP	DEP		DMP	DEP	DMP	DEP
1	Full	1088	1076	300	288	1800	4500	4320	1485000	1425600
2	Continuous	968	954	268	254	1600	4020	3810	1326600	1257300
3	Idle	436	430	120	114	720	1800	1710	594000	564300
Total									3405600	3247200
Selisih DEP dengan DMP									158400	

Gambar 3 Tabel perbandingan konsumsi Bahan bakar DMP & DEP

Dari gambar 4 menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar untuk system *Diesel Electrical Propulsion* lebih irit dibandingkan dengan *Diesel Mechanical Propulsion* dilihat dari mode *Full*, *Continuous* dan *Idle*.



Gambar 4 Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar DMP & DEP per tahun

3.3. Perhitungan Biaya Maintenance

A. Biaya Maintenance DMP

Maintenance pada mesin Kapal ferry “Jokotole” ini mempunyai jadwal rutin maintenance mesin yang mengacu pada perawatan rutin dari perusahaan yang berawal pada setiap interval 100 jam, 1000 jam, 2000 jam, 4000 jam, 8000 jam, 16000 jam hingga perawatan *engine* sampai pada tahap pelaksanaan *General Overhaul*. Dalam melakukan *maintenance* ini pihak perusahaan juga mengeluarkan biaya yang tidak sedikit, jarak interval yang begitu dekat membuat jumlah total pengeluaran *maintenance engine* memerlukan biaya yang cukup besar. Dalam melaksanakan *Maintenance* mesin Diesel Konvensional Yanmar 6KDE ini mempunyai waktu normal kerja kapal ferry “Jokotole” selama 5000 jam pertahun. Pada tabel 6 merupakan biaya maintenance DMP selama 5 tahun dengan kenaikan inflasi sebesar 5 %.

Tabel 6 Biaya Maintenance DMP

No.	years	Maintenance DMP (RP)
1	1	183,637,186
2	2	184,218,555
3	3	184,808,145
4	4	194,080,822
5	5	188,711,691
total		935,456,399

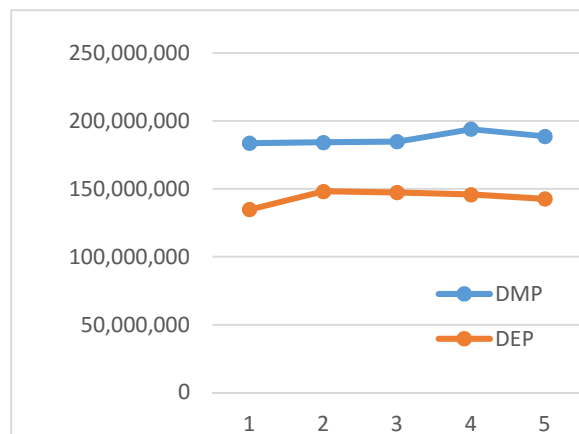
B. Biaya Maintenance DEP

Untuk Maintenance Diesel Electric Propulsion system menggunakan 2 buah generator set tipe C18 yang diterapkan pada kapal ferry “Jokotole” yang sebelumnya memakai mesin diesel konvensional. Pada tabel 7 adalah biaya maintenance DEP selama 5 tahun dengan kenaikan inflasi sebesar 5%.

Tabel 7 Biaya Maintenance DEP

No.	years	Maintenance DEP (RP)
1	1	134,927,940
2	2	148,206,521
3	3	147,428,396
4	4	145,888,156
5	5	142,654,821
total		719,105,834

Total biaya *maintenance* untuk system *Diesel Mechanical Propulsion* & *Diesel Electrical Propulsion* dapat dilihat pada gambar 5



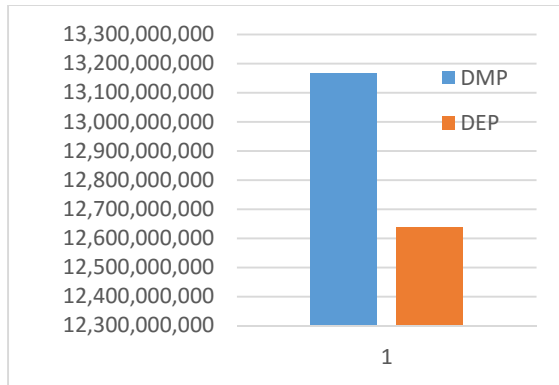
Gambar 5 Grafik Total Biaya Maintenance DMP & DEP system

3.4. Perhitungan Biaya Bahan Bakar

Setelah biaya maintenance, faktor biaya operasional yang perlu diperhitungkan adalah faktor dari biaya bahan bakar. Dikarenakan. Bahan bakar adalah hal paling utama yang dibutuhkan agar mesin bisa beroperasi. Oleh karena itu biaya untuk bahan bakar sangat diperhatikan.

Tabel 8 Biaya Bahan Bakar

System	FOC liter/years(RP)	Cost/years (RP)
DMP	1,485,000	13,167,495,000
DEP	1,425,600	12,640,795,200



Gambar 6 Grafik Perbandingan Biaya Bahan Bakar

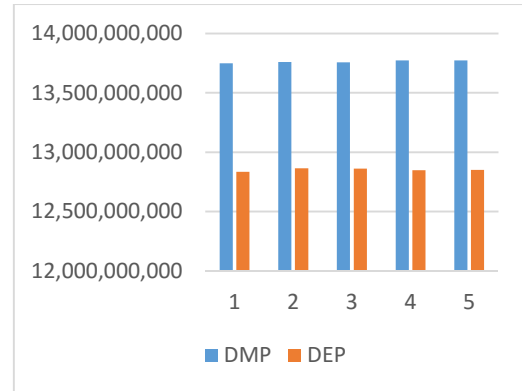
Dapat dilihat pada grafik 3 biaya konsumsi bahan bakar yang dikeluarkan untuk menggunakan Diesel Mechanical lebih mahal dibandingkan penggunaan Diesel Electric.

3.5. Analisa Perbandingan Komparasi Pengeluaran

Pengeluaran pada operasional kapal yang terbesar yaitu konsumsi bahan bakar engine dan maintenance, dua hal tersebut sangat diperhatikan karena menyangkut pendapatan kapal. Analisa disini merupakan perbandingan modal awal pembelian sistem propulsi yang dipilih, kemudian pada tahun selanjutnya hanya pada konsumsi bahan bakar dan maintenance engine tiap tahunnya. Analisa ini juga mempertimbangkan nilai inflasi pada harga bahan bakar dan harga maintenance engine sebesar 5 % pada tahun kelima. Untuk total biaya operasional penggunaan DMP & DEP dapat dilihat pada tabel 9

Tabel 9 Total Pengeluaran biaya DMP & DEP per tahun

TOTAL PENGELUARAN		
Years	DMP	DEP
1	13,748,229,044	12,833,743,730
2	13,758,560,184	12,864,303,724
3	13,756,719,272	12,860,647,838
4	13,771,981,208	12,846,652,972
5	13,772,976,408	12,851,422,164
TOTAL	68,808,466,116	64,256,770,428



Gambar 7 Grafik Total Perbandingan Biaya Operasional DMP & DEP

Dari grafik 4 menunjukkan total pengeluaran terbesar terjadi pada penggunaan system *Diesel Mechanic Propulsion* dibandingkan dengan *Diesel Electrical Propulsion*. Ditinjau dari harga biaya bahan bakar dan biaya maintenance dari kedua system *Diesel Mechanic Propulsion* membutuhkan biaya lebih banyak, dan juga harga bahan bakar dari kedua system tersebut. Hal ini dikarenakan mesin yang digunakan pada *Diesel Mechanical Propulsion* adalah mesin lama dibandingkan dengan *Diesel Electric Propulsion* sehingga biaya yang dikeluarkan pada penggunaan *Diesel Mechanical Propulsion* lebih membutuhkan banyak biaya

BAB IV KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penulisan tugas akhir adalah

1. Untuk komponen-komponen dalam system Diesel Mechanical Propulsion yang digunakan adalah empat buah main engine dengan tipe Yanmar 6KDE dan dua buah auxiliary engine tipe Yanmar 4TNN 106T. Sedangkan untuk komponen-komponen dalam system Diesel Electric Propulsion berupa dua buah generator set tipe Caterpillar C18 dan juga dua buah auxiliary engine tipe Yanmar 4TNN 106T

2. Perbandingan biaya operasional antara engine Diesel Electrical Propulsion jauh lebih menguntungkan yaitu sebesar Rp 64,256,770,428 sedangkan jika dibandingkan dengan Diesel Mechanical Propulsion yang lebih mahal dengan harga Rp 68,808,466,116 dalam 5 tahun dengan memperhitungkan inflasi sebesar 5% dalam tempo lima tahun. Sehingga biaya operasional lebih menguntungkan Diesel Electrical Propulsion dibandingkan Diesel Mechanical Propulsion.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Caterpillar, "*Conventional Propulsion Versus Diesel Electric Propulsion*", Guideline, CAT.
- [2] Suyadi, "*diesel electric propulsion sebagai alternative power plant pada kapal-kapal komersial*", Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- [3] Alf Kåre Ådnanes, "*Maritime Electrical Installations And Diesel Electric Propulsion*". ABB as marine
- [4] Fretty Harauli Sitohang, "*Tinjauan teknis ekonomis perbandingan penggunaan diesel engine dan motor listrik sebagai penggerak cargo pump pada kapal tanker KM. avila*". Teknik Sistem Perkapalan FTK -ITS
- [5] <http://bisniskeuangan.kompas.com/>